

研究简报

长薄鳅仔稚鱼发育和生长的研究

梁银铨¹ 胡小建¹ 虞功亮² 黄道明¹ 常剑波²

(1. 水利部、中国科学院水库渔业研究所, 武汉 430079; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT AND GROWTH OF LARVAL AND JUVENILE ELONGATE LOACH *LEPTOBOTIA ELONGATA* (BLEEKER)

LIANG Yin-Quan¹, HU Xiao-Jian¹, YU Gong-Liang², HUANG Dao-Ming¹ and CHANG Jian-Bo²

(1. Institute of Reservoir, The Chinese Ministry of Water Resources and The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079;

2. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

关键词: 长薄鳅; 仔稚鱼发育; 生长

Key words: *Leptobotia elongata*; Larval and juvenile development; Growth

中图分类号: S965.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)01-0096-05

长薄鳅 *Leptobotia elongata* (Bleeker) 隶属鳅科、薄鳅属, 分布在长江中上游江段及其支流, 是鳅科鱼类中生长最快、个体最大的一种, 最大个体达 3.0 kg^[1]。然而近 20 多年来, 人为过度捕捞、生态环境破坏等原因, 在长江中游已很难捕到此鱼, 长江上游也正面临着生存环境的破坏而资源急速下降。

近 10 余年来, 已有不少单位开展长薄鳅开发利用的研究^[2-4]。1999 年 5 月, 通过野生亲鱼内塘驯化养殖和人工繁殖等研究工作, 获得人工繁育成功, 对长薄鳅的人工繁育、胚胎发育和某些生物学特性进行了研究^[5-8]。本文报道其仔稚鱼发育和生长的观测结果, 为恢复和开发利用长薄鳅资源提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料和饲养方法 1999 年 5 月 22 日人工催产, 23 日人工授精, 25 日 1:00 时脱膜完成, 28 日 0:00 时出环, 空运至本所饲养于 2 个 5m×4m×0.8m 水泥池, 定时投喂适口饵料。每天 8:00 时和 16:00 时测定水温。

1.2 发育过程观察 脱膜后至仔鱼平游每 12h 观察一次, 随后每 24h 观察一次, 9—38 日龄每 2—3d 观察一次, 以后每星期观察一次。每次观察 3—5 尾。活体用 10% 的酒精麻醉后在解剖镜下观察, 用目测微尺和游标卡尺进行测量, 对每个发育期均做描述并绘图。观察标本用 5%—7% 的甲醛固定, 用德产 Leica DC100 数码相机在与电脑相连在 Leica 解剖镜 GZ6 下摄影。

依据 Houde 和殷名称的论述^[9,10] 以及长薄鳅的发育特点, 将各发育阶段依次分为: 胚胎、前期仔鱼、仔鱼、稚鱼和幼鱼期。

1.3 生长 发育观察的同时进行生长测量。饲养池保持 20L/Min 经 48h 暴气的自来水流入和不间断充气, 保证水体有良好的溶氧。根据室内不同饵料饲养试验结果投喂长薄鳅的喜好食物。

仔鱼的生长描述采用 Zweifel 和 Lasker 提出仔鱼孵化后最初一个月的 Laird Gompertz 生长方程^[11]。一个单周期的 L-G 生长方程是:

$$L_t = L_0 \times e^{k \times (1 - e^{-\alpha})}$$

式中: L_t 是时间 t 的仔鱼体长, L_0 是初孵体长, k 是生长率, 为初始生长率 A_0 与 α 的比值, α 为生长衰减指数, 在式中使用正数表示。

2 结果

2.1 仔稚鱼的发育

2.1.1 前期仔鱼 本阶段自仔鱼孵化出膜至卵黄囊基本吸收完毕、开始摄食为止, 但器官分化不完善, 历时 3d, 分为 3 个时期。

孵出期 初孵仔鱼体全长 5.00mm, 肛后长占全长的 28.6%, 体形十分细长, 卵黄囊长形, 长径 3.00mm, 短径 0.90mm; 鱼体透明, 无任何色素, 心脏搏动明显, 心率 120 次/min (22.5℃), 但无红色素。口裂和鳃雏形出现, 此时用肉眼观

收稿日期: 2002-04-18; 修订日期: 2002-10-12

基金项目: 水利部水利技术开发基金(合同号: SJ9721) 和国务院三峡办和中国长江三峡工程开发总公司(SX(97-17/HB)) 资助

作者简介: 梁银铨(1963—), 男, 浙江省上虞市; 副研究员; 主要从事鱼类繁殖生态学研

察, 鱼体仅头发丝粗, 无色透明不易发现, 呈扭动斜向向上游动, 上窜高度随发育时间延长而增高, 水底静卧时间也相应缩短。

鳔一室 出膜后 24d 的仔鱼体全长 5.83mm (平均水温 21.5℃, 以下均为平均水温)。鳍皱由尾部逐渐向前扩展, 此时鳍皱从卵黄囊中部向后绕过尾尖至背部中间。肛门与肠管相连, 胸鳍出现且发育较快, 头部下方形成口裂, 头顶和鳃部出现黑色素, 血管和心脏内出现红色血色素; 眼睛变黑, 肌节 5+ 18+ 13。

肠分化期 出膜后 48d 的仔鱼体全长 6.33mm (21.8℃)。头部增大, 耳囊无法看清, 口裂也增大。鳃部开裂增加, 鳃盖骨出现, 胸鳍形成。鳍皱出现宽窄, 尾部较宽, 尾、背、臀鳍基出现。鱼体色素不断向后增多, 形成星状点分布, 仔鱼能平游, 卵黄囊逐渐变得细长, 肠管见有粪便(图版 I : 1)。

2.1.2 仔鱼期 从仔鱼开始摄食至鳞片长齐, 侧线形成。但体表无斑纹, 仅有星状黑色素点。本阶段仔鱼的发育以鳔两室形成、各鳍的分化、形成和须、鳞片的出现为序。历时 14d, 分为 7 个时期。

卵黄吸尽期 出膜第 4d 的仔鱼, 体全长 6.67mm (25.0℃)。鳔分前后两室, 清晰可见, 肌节 9+ 14+ 13, 胸鳍的骨质化鳍条完全, 全身布满星状色素。肠道可见粪便。上、下颌骨完全形成, 卵黄囊绝大部分被吸收, 仔鱼开始摄食(图版 I : 2)。

尾鳍分化期 5—7 日龄的仔鱼体长为 7.0—8.2mm (23.5℃)。脊椎尾部上翘, 其下方出现尾鳍条, 鳃部能自由张合, 胃内食物可见, 肛门口有粪便。

背鳍分化期 8 日龄的仔鱼体长 9.5mm (23.7℃)。尾鳍条呈扇形约 17 根, 背鳍条、腹鳍基出现(图版 I : 3)。

臀鳍分化期 9 日龄的仔鱼体长 9.6mm (26.0℃)。背鳍条出现 8 根, 臀鳍也出现骨质化鳍条、鱼体由头部后开始出现鳞片, 有鳞片区无法看清肌肉纹路。部分鳍皱开始脱落。

须出现期 11 日龄的仔鱼体长 11.6mm, 背、尾、臀鳍处鳍皱脱落, 口角须 1 对。此时, 长薄鰕摄食桡足类为主, 胃内鲜红色食物清晰可见, 摄食量明显增大(图版 I : 4)。

腹鳍分化期 14 日龄的仔鱼体长 15.5mm (24.8℃)。各鳍条完全形成, 尾鳍开始分叉, 鳞片已长至肛门处(图版 I : 5)。

鳞片形成期 17 日龄的仔鱼体长 18.8mm (25.3℃)。尾鳍分叉加深, 吻须 2 对, 口呈亚下位, 鳞片长齐, 侧线形成, 但体表无斑纹, 仅有星状黑色素点(图版 I : 6)。

2.1.3 稚鱼期 外部器官分化完毕、鳞片长齐至鱼体两侧斑纹出现、鱼体形完全似成鱼。时间为 17—47 日龄, 体长为 18.8—35.6mm (26.1℃)。侧线明显可见, 体呈浅灰色或浅黄色, 并不断加深体色。摄食能力不断增强, 已能摄食水蚯蚓。最后鱼体两侧形成 7 条斑纹, 至此即完成了本阶段发育(图版 I : 7)。

2.1.4 幼鱼期 鱼体外形完全似成鱼至体内性腺首次成熟为幼鱼期(图版 I : 8)。

2.2 生长

2.2.1 头长、体高的生长 根据头长、体高与体长发育比例(表 1), 从 6 日龄至 23 日龄头部发育较体长发育快。此时为食性转化期, 开始是由内源营养向外源营养转化, 稍后由摄食浮游动物转化为水蚯蚓, 估其器官发育与食性是一致的。

表 1 仔鱼头长、体高与体长发育比例
Tab 1 The ratio of head length and bodyheight and body length of larval *L. elongate*

日龄(d) D.T.	头长/体长	H.L./B.L	体高/体长
	活体	标本	B.H/B.L.
6	30.19	25.86	20.69
7	29.66	26.13	17.32
8		26.40	22.56
9		26.45	24.79
10	29.41	26.83	24.39
11		26.47	26.47
13	31.67	27.30	
17		27.81	
20	35.00	28.57	27.62
23		28.57	25.71
26	33.01	24.55	25.45

2.2.2 体长、体重的生长 仔鱼从开口摄食至 38 日龄的生长情况见表 2。体长平均日增长 0.92mm, 体重平均日增长 23.6mg。对体长 8.0—39.0mm、体重 6.4—876.7mg 的 86 尾仔稚鱼进行体重与体长进行回归分析, 得 $W = 0.009406L^{3.1747}$, $r = 0.9963$ (图 1)。

2.2.3 生长方程 长薄鰕仔鱼由 5 日龄开始, 仔鱼已从内源性向外源性营养过渡。本文根据 1999 年 5 月 25 日脱膜仔鱼饲养于水泥池的生长结果(表 2)和 Laird-Gompertz 生长方程, L_0 为脱膜体长 4.5mm, 求得长薄鰕仔鱼生长方程参数为 $\alpha = 0.04901$, $k = 2.4649$, $A_0 = 0.1208$ (图 2), 即, 方程式为:

$$L_t = 4.5 \times e^{2.4649 \times (1 - e^{-0.04901t})} (r^2 = 0.9933, n = 18)$$

用 $L_t = a + bt$ 生长方程拟合, 其中 L 为体长(mm), t 为日龄(d), 可以得到:

$$L_t = 2.2388 + 0.9205t (r^2 = 0.9923)$$

从上式可以看出, 长薄鰕仔鱼在胚后发育期间体长的日增长量为 0.9205mm。

回归系数显著性的方差分析表明, 上述两种回归方程的相关关系均非常显著, 但前者的 r 值高于后者。根据上述两种生长方程推算的理论体长(表 3)以及实测体长之间均无显著差异, $F(0.0027) < F_{0.05}(3.1787)$ 。

表 2 长薄鳅仔鱼的生长情况
Tab.2 The growth of larval *L. elongate*

日龄 (d)	体长 B. L. (mm)		体重 B. W. (mg)	
	变幅 Range	平均 Mean	变幅 Range	平均 Mean
5		6.7		
6		7.3		
7	8.0—8.4	8.2	6.1—6.6	6.4
8	9.3—9.8	9.5	7.3—9.3	8.3
9	9.2—10.0	9.6	8.6—11.0	9.8
10	11.3—11.5	11.4	19.2—22.1	20.7
11	11.5—11.7	11.6	18.6—22.9	20.8
14	15.0—16.0	15.5	67.1—73.6	70.4
17	17.5—20.0	18.8	92.3—143.7	118.0
20	22.0—22.0	22.0	195.3—207.5	201.4
23	25.0—25.5	25.3	246.1—277.6	261.9
26	24.0—27.0	25.7	227.7—286.9	257.3
27	26.0—28.0	27.3	306.2—382.7	344.4
28	28.0—29.0	28.5	314.5—358.3	336.4
30	28.0—32.5	30.0	397.5—553.1	475.3
32	31.5—33.0	32.3	592.2—645.0	618.6
36	33.0—36.5	34.8	514.1—920.0	754.4
38	32.5—39.0	35.2	632.4—876.7	738.0

表 3 长薄鳅的实测体长和理论体长
Tab.3 Back calculated body length and realistic body length of larval *L. elongate*

日龄 t(d)	体长 L. (mm)	L_t (mm)	L'_t (mm)	$L_t - L$	$L'_t - L$
5	6.7	6.84	7.69	0.14	0.99
6	7.3	7.76	8.43	0.46	1.13
7	8.2	8.68	9.21	0.48	1.01
8	9.5	9.60	10.01	0.10	0.51
9	9.6	10.52	10.84	0.92	1.24
10	11.4	11.44	11.69	0.04	0.29
11	11.6	12.36	12.57	0.76	0.97
14	15.5	15.13	15.30	- 0.37	- 0.20
17	18.8	17.89	18.13	- 0.91	- 0.67
20	22.0	20.65	20.99	- 1.35	- 1.01
23	25.3	23.41	23.82	- 1.89	- 1.48
26	25.7	26.17	26.57	0.47	0.87
27	27.3	27.09	27.46	- 0.21	0.16
28	28.5	28.01	28.33	- 0.49	- 0.17
30	30.0	29.85	30.04	- 0.15	0.04
32	32.3	31.69	31.67	- 0.61	- 0.63
36	34.8	35.38	34.70	0.58	- 0.10
38	35.2	37.22	36.10	2.02	0.90

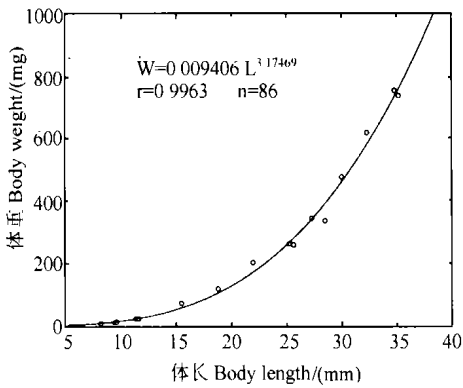


图 1 长薄鳅幼鱼的体长与体重的关系

Fig. 1 The relationship between Body length (B, L) and Body Weight (B, W) of larval *L. elongate* loach

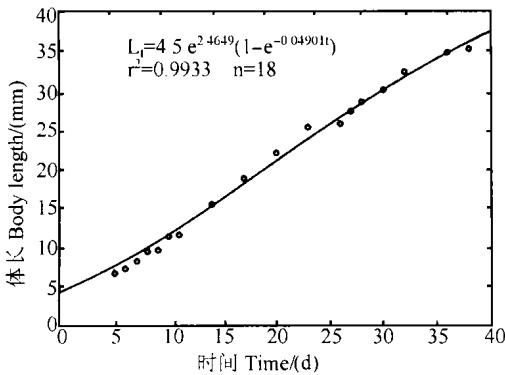


图 2 长薄鳅幼鱼的 Laird-Gompertz 生长模型

Fig. 2 The Laird-Gompertz model of larval *L. elongate*

3 分析与讨论

3.1 胚后发育时段的划分

根据胚后发育的体表特征分为 4 个时段。从仔鱼孵出至鱼苗平游、卵黄囊消失为前期仔鱼,这一时期主要是头部发育和卵黄迅速消失(3d,水温 21.5—25℃);从鱼苗平游至鳍条基本发育完全和鳞片长齐、侧线形成为仔鱼期(13d,水温 23—27℃);从各鳍条发育完全至鱼体两侧出现 7 条斑纹为稚鱼期(30d,水温 24—28℃);此后至首次性成熟为幼鱼期。长薄鳅仔鱼发育与稀有鲫有所不同,长薄鳅仔鱼鳞片和腹鳍发育同步进行,鳍条发育完全时鳞片已长至臀鳍处。

3.2 关于各鳍的发育

长薄鳅各鳍的发育顺序及骨质化进程与鲂相似。但较斑点叉尾 慢,斑点叉尾 在未开口摄食时,各鳍已骨质化完全,背鳍已出现硬刺,尾鳍深分叉。而长薄鳅开口摄食时除胸鳍形成,尾鳍仅下方出现鳍条外,背、臀、腹鳍才出现鳍基。各鳍条发育完全,尾鳍分叉历时 17d。

3.3 关于仔稚鱼的生长方程

Zweifel和Lasker(1976)提出仔鱼孵化后最初一个月的

Laird-Gompertz 生长方程,认为对多数仔鱼,它比 von Bertalanffy 方程更适用^[11]。应用相关指数(R^2) 评价 L—G 生长方程和直线生长方程所配合曲线与观察资料拟合的好坏程度, R^2 越接近于 1,则配合曲线越好。结果表明 L—G 生长方程比直线生长方程更适宜于描述长薄鳅仔稚鱼这一生长阶段的生长。

参考文献:

[1] Fish Laboratory, Institute of Hydrobiology, Hubei Province. 1976. Fishes in the Yangtze River[M]. Beijing: Science Press, 1976, 158—159[湖北省水生生物研究所鱼类室长江鱼类[M]. 北京: 科学出版社, 1976, 158—159]

[2] Zhao Y F. A preliminary study on the biological characteristics of *Leptobotia elongata* (Bleeker) [J]. *Sichuan Journal of oology*. 1995, **14** (3): 12[赵云芳. 长薄鳅生物学特性的初步研究[J]. 四川动物, 1995, **14** (3): 12]

[3] Zou G W, Luo X Z, Hu D G, *et al.*, The asphyxiation point and oxygen consumption rate in *Leptobotia elongata* (Bleeker) [J]. *Journal of Lake sciences*. 1998, **10** (1): 49—54[邹桂伟, 罗相忠, 胡德高, 等. 长薄鳅耗氧率与窒息点的研究. 湖泊科学, 1998, **10** (1): 49—54]

[4] Ku Y W, Wen X B. A Preliminary study on the biological characteristics of *Leptobotia elongata* (Bleeker) [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*. 1997, **17** (1): 40—43[库么梅, 温小波. 长薄鳅生物学特征的初步研究. 湖北农学院学报, 1997, **17** (1): 40—43]

[5] Liang Y Q, Xie C X, Hu X J, *et al.*, Observations on the embryonic development of *leptobotia elongata* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 1999, **23** (6): 631—635[梁银铨, 谢从新, 胡小建, 等. 长薄鳅胚胎发育的观察[J]. 水生生物学报, 1999, **23** (6): 631—635]

[6] Liang Yir quan and Hu Xiao jian. Studies on artificial propagation of *leptobotia elongata* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 2001, **25** (4): 422—424[梁银铨, 胡小建. 长薄鳅人工繁殖技术的研究. 水生生物学报, 2001, **25** (4): 422—424]

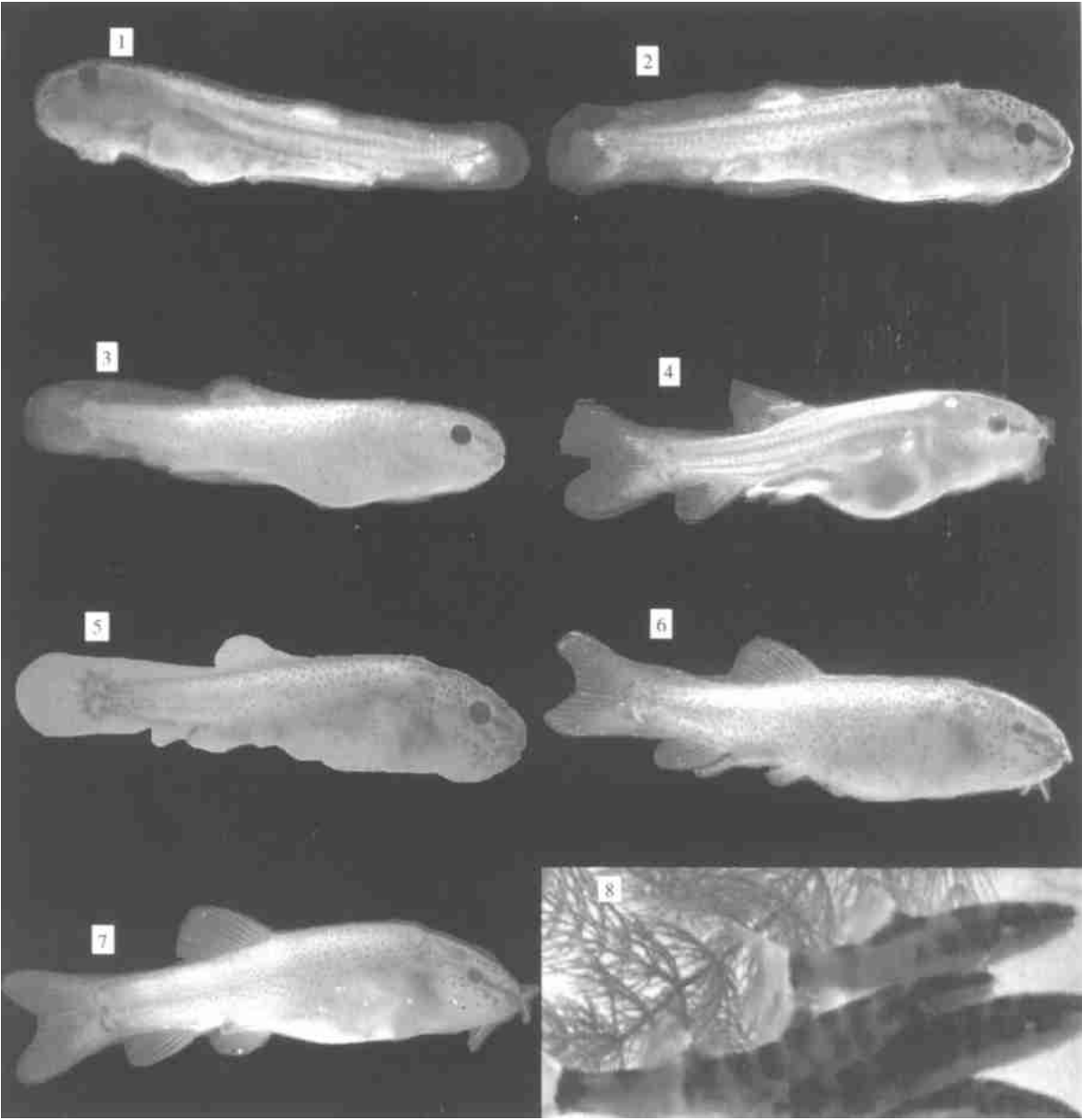
[7] Liang Y Q, Hu X J, Huang D M, *et al.*. Same aspects on the biology of *leptobotia elongata*[J]. *Reservoir Fisheries*. 1999, **19** (1): 6[梁银铨, 胡小建, 黄道明, 等. 长薄鳅生物学的某些资料. 水利渔业, 1999, **19** (1): 6]

[8] Liang Y Q, Hu X J. A review on the biological studies of the Catfish *Leptobotia elongata* [J]. *Reservoir Fisheries*. 2000, **20** (5): 45—46 [梁银铨, 胡小建. 长薄鳅生物学研究概况. 水利渔业, 2000, **20** (5): 45—46]

[9] Houde E. D. Fish early life dynamics and recruitment variability[J]. *Amer. Fish. Soc. Symp.* 1987. **2**: 17—29

[10] Yin M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. *Journal of Fisheries of China*. 1991, **15** (4): 348—358. [殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报, 1991, **15** (4): 348—358]

[11] Zweifel J R. Lasker, R. Prehatch and posthatch growth of fishes: a general model[J]. *Fish. Bull.* 1976, **74**: 609—621



图版 I

1. 仔鱼前期 Prelarva stage 2. 卵黄吸尽期 Exhaustion of yolk stage 3. 背鳍分化期 Differentiation of dorsal fin stage 4. 须出现期 Formation of beard stage 5. 腹鳍分化期 Differentiation ventral of fin stage 6. 侧线形成 Formation of scales stage 7. 稚鱼期 larva stage 8. 幼鱼期 Young stage